

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В ГИБРИДНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Калекина Т.Г., Коваленко Т.Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, пр. Ленина 14, кафедра телекоммуникационных систем,  
тел. (057) 702-13-20, факс (057) 702-13-20,  
E-mail: tanya\_kovalenko@kture.kharkov.ua ;

The given work is devoted to the problem of evaluation of QoS when building the control system for hybrid telecommunication networks. Today telecommunication networks are built using various technologies and it is very important to evaluate quality of service by means of the uniform approach. In this work integrated parameters are offered which provide the uniform approach to evaluation of quality of service for subscribers in hybrid telecommunication networks with any switching mode. The approach offered in the work is a great practical interest now since it allows evaluating a quality of service for user groups of the various categories having various value of allowable QoS. Presented parameters establish the compromise between the user, aspiring to receive the highest quality of service, and administration of the network, working for maximizing the transmitted flow as it determines the income of a network.

Для построения интегрированной системы управления разнородными элементами сети применяется многоуровневый иерархический подход, который является стандартным для построения больших систем. Применительно к системам управления телекоммуникационными сетями наиболее проработанным и эффективным для создания многоуровневой иерархической системы является стандарт Telecommunication Management Network (TMN). На каждом иерархическом уровне модели TMN решаются задачи пяти функциональных групп: управление конфигурацией; обработка ошибок; анализ производительности и надежности; управление безопасностью; учет работы сети. Задачи третьей группы связаны с оценкой на основе статистической информации таких параметров, как время реакции сети, пропускная способность реального и виртуального канала связи между двумя конечными абонентами сети, интенсивность трафика в отдельных сегментах и каналах сети, вероятность искажения данных при их передаче через сеть, а также коэффициент готовности сети. Функции анализа производительности и надежности сети, формализация качества обслуживания пользователей сети необходимы как для оперативного оптимального управления сетью, так и для планирования развития сети [4].

В общем виде показатель эффективности сети  $Q$  можно представить некоторым функционалом:

$$Q = Q(G, A, \Lambda), \quad (1)$$

где  $G$  – граф сети, определенный структурой сети. Элементами графа  $G$  являются узлы коммутации и каналы связи, обладающие собственными характеристиками;

$A$  – алгоритмы функционирования сети. Алгоритмы бывают двух типов: передачи информации (основного управления) и управления сетью (административного управления);

$\Lambda$  – внешняя нагрузка, поступающая в сеть.  $\Lambda$  описывается матрицей нагрузок  $\|\lambda_{ij}\|$ , где  $\lambda_{ij}$  – нагрузка, поступающая от абонентов, подключенных к  $i$ -му узлу сети (или к  $i$ -му конечному оборудованию сети), и предназначенная для абонентов, подключенных к  $j$ -му узлу.

Назовем ресурсами сети  $R$  совокупность структуры сети и алгоритмов функционирования, т.е.  $R = \{G, A\}$ . Поскольку нагрузка  $\Lambda$  является внешним фактором, не зави-

сящим от проектировщика, то в распоряжении проектировщика имеются лишь ресурсы сети, варьируя которыми, он может добиваться желаемого показателя эффективности.

Рассмотрим группы показателей, которые наиболее часто используются при проектировании гибридной телекоммуникационной сети в качестве критериев для оценки ее функционирования: показатели качества обслуживания пользователей.

Группа показателей качества обслуживания отражает качество услуг, предоставляемых пользователям сети. В общем случае предоставление услуг связи пользователям содержит три фазы: установление соединения, передача информации, разъединение [1,3].

Все три фазы присутствуют для сетей с коммутацией каналов и коммутацией пакетов. Исключением являются сети с коммутацией пакетов, работающие в режиме дейтаграмм, для которых нет первой и третьей фаз. В связи с унифицированностью набора услуг все функциональные уровни могут оцениваться едиными параметрами, в то же время методы оценки этих параметров существенно отличаются. Основными параметрами являются: время (задержка), правильность (точность или достоверность), вероятность выполнения услуги (надежность).

Каждый параметр качества обслуживания является случайной величиной и характеризуется:

- функцией распределения  $P(q < r)$ , где  $r$  – некоторое фиксированное качество обслуживания;

- средним значением  $q_{CP}$ ;

- величиной условных потерь  $P(q < q_{доп})$ , где  $q_{доп}$  – допустимое качество обслуживания.

Обозначим качество функционирования на каждой фазе представления услуг через  $Q_V$ ,  $Q_{П}$  и  $Q_P$  соответственно. Тогда каждый показатель качества  $Q_V$ ,  $Q_{П}$ ,  $Q_P$  представляется следующими функциональными зависимостями:

$$Q_V = Q_V(S_B, S_{П}, S_{УСЛ}), \quad (2)$$

$$Q_{П} = Q_{П}(S_B, S_{П}, S_{УСЛ}), \quad (3)$$

$$Q_P = Q_P(S_B, S_{П}, S_{УСЛ}), \quad (4)$$

где  $S_B, S_{П}, S_{УСЛ}$  – характеристики времени, правильности, вероятности предоставления услуг соответственно для фаз установления связи, передачи информации, разъединения. Обобщенный показатель эффективности есть некоторый функционал:

$$Q = Q(Q_V, Q_{П}, Q_P). \quad (5)$$

Однако, аналитическое выражение для обобщенного показателя  $Q$  связано с большими трудностями. Поэтому, целесообразно оценку эффективности проводить в каждом конкретном случае по одному (главному) показателю, накладывая ограничения на область допустимых значений остальных показателей.

Для сетей с коммутацией каналов таким показателем является третий параметр первой фазы – вероятность отказа в установлении соединения.

Для сетей с коммутацией пакетов наиболее важен первый параметр второй фазы – время задержки при передаче блоков информации. Обычно этот параметр используется как критерий качества обслуживания для всех уровней OSI. При этом качество обслуживания верхнего уровня определяется качеством обслуживания всех поддерживающих его нижних уровней.

Для оценки качества обслуживания абонентов на всей сети определим интегральные критерии качества обслуживания. Пусть все пользователи сети разбиты на группы по

категориям важности. Обозначим через  $q_{ij}^k$  – критерий качества обслуживания пользователей категории  $k$ , включенных в узлы  $i, j$ , при передаче информации между ними.

Образуем матрицы  $Q^k = \|q_{ij}^k\|$  и будем оценивать качество обслуживания для каждой категории пользователей. По матрицам  $Q^k$  определим интегральные критерии качества обслуживания  $\bar{Q}^k$  следующими способами:

$$\bar{Q}^k = \max_{ij}(q_{ij}^k) \text{ (или } \min_{ij}(q_{ij}^k)), \quad (6)$$

$$\bar{Q}^k = \sum_{i,j} t_{ij}^k q_{ij}^k, \quad (7)$$

где  $t_{ij}^k$  – доля потока  $f_{ij}^k$  в общем потоке  $f^k = \sum_{i,j} f_{ij}^k$  на сети, т. е.  $t_{ij}^k = f_{ij}^k / f^k$  и  $\sum_{i,j} t_{ij}^k = 1$ .

При использовании выражения (6) за критерий качества обслуживания на всей сети выбирается худшее качество обслуживания среди всех пар узлов. Критерий из выражения (7) является средним по сети показателем качества обслуживания. Заметим, что вся матрица  $Q$  также может являться показателем качества обслуживания по всей сети, однако, сравнивать различные сети между собой по такому критерию практически невозможно, т.к. между различными матрицами  $Q$  нельзя установить отношения упорядочивания.

Критерии (6), (7) позволяют сравнивать варианты сети между собой. Использование критерия (6) нецелесообразно, если допустимое качество обслуживания для разных абонентов разное (например, в силу платы абонентов за услуги). При использовании критерия (7) сравнение в среднем практически исключает интересы отдельного пользователя.

Рассмотрим интегральный критерий качества обслуживания свободный от вышеперечисленных недостатков. Он основывается на определении для каждой пары пользователей допустимого качества обслуживания  $\hat{q}_{ij}^k$ . Такой показатель устанавливает компромисс между пользователем, стремящимся получить наиболее высокое качество обслуживания, и администрацией сети, стремящейся максимизировать пропущенный поток, так как он определяет доход сети связи.

Если качество обслуживания будет равно допустимому или лучше, то это устраивает пользователя. С другой стороны, администрации сети достаточно обеспечить пользователей качеством обслуживания, равным допустимому, и не обязательно стараться его улучшить.

Пусть  $Q^k = \|q_{ij}^k\|$  матрица текущего, а  $\hat{Q}^k = \|\hat{q}_{ij}^k\|$  – допустимого качества обслуживания.

Показателем обслуживания пользователей между парой узлов  $Q^k = \|q_{ij}^k\|$  называется отношение текущего качества к допустимому:

$$S_{ij}^k \leq q_{ij}^k / \hat{q}_{ij}^k \text{ и } S_{ij}^k = 0, \text{ если поток } t_{ij}^k = 0. \quad (8)$$

Образуем матрицу показателей обслуживания между всеми парами узлов  $S^k = \| S_{ij}^k \|$ .

Показатель обслуживания  $S_{ij}^k$ , показывает насколько текущее качество хуже или лучше допустимого.

Таким образом, оценивается качество обслуживания для групп пользователей различных категорий, имеющих различное значение допустимого качества обслуживания. Заметим, что и для сетей с коммутацией каналов, где качество обслуживания определяется вероятностью отказа в установлении соединения, и для сетей с коммутацией пакетов, где качество обслуживания определяется задержкой сообщения (пакета), показатель качества обслуживания имеет один и тот же смысл.

По аналогии с выражениями (6) и (7) введем еще два способа определения интегрального показателя качества обслуживания:

$$\bar{S} = \max_{ijk} (S_{ij}^k) \quad (\text{или } \min_{ijk} (S_{ij}^k)) \quad (9)$$

$$\tilde{S} = \sum_{ijk} t_{ij}^k S_{ij}^k, \quad \text{где } t_{ij}^k = \frac{f_{ij}^k}{\sum_{ijk} f_{ij}^k} \quad (10)$$

Выражение (9) определяет качество обслуживания по худшему показателю среди всех пар всех категорий; выражение (10) определяет средний показатель обслуживания, взвешенный по потоку.

Таким образом, введение показателя  $\bar{S}$  позволяет обеспечить единый подход к оценке качества обслуживания в гибридных телекоммуникационных системах с любым способом коммутации. Поскольку в настоящее время сети строятся с применением различных технологий, оценивать качество обслуживания с единых позиций очень важно, поэтому предложенные в работе интегральные показатели качества представляют большой практический интерес.

#### Литература:

1. Мизин И.А. Передача информации в сетях с коммутацией сообщений. – М.: Связь, 1977. – 216 с.
2. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. – М.: Радио и связь, 1982. – 208 с.
3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Телекоммуникационные сети. – К.: Техника, 2001. – 468 с.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – ООО «Питер Принт», 2004. – 668 с.